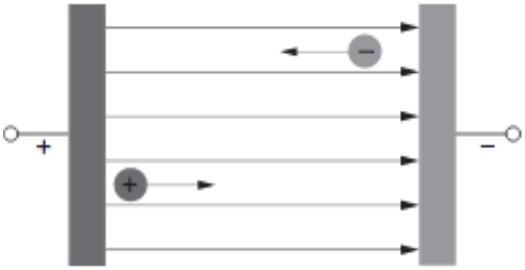
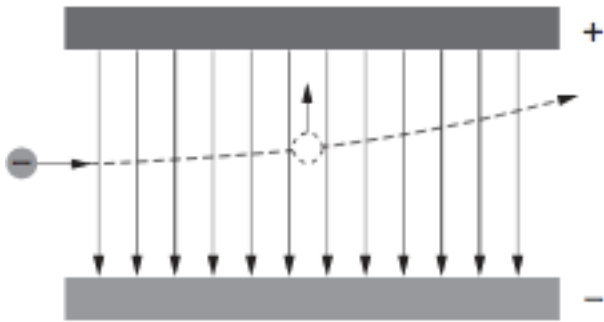


## Geladene Teilchen im elektrischen Feld

Auf ein geladenes Teilchen wirkt im elektrischen Feld eine Kraft, die zur Beschleunigung des Ladungsträgers führt.

Die Bahnkurve des Teilchens ist abhängig von der Richtung der Anfangsgeschwindigkeit.

Bei Bewegung von Ladungen im Plattenkondensator kann der Einfluss der Schwerkraft in der Regel vernachlässigen werden.

Längsfeld (homogen)	Querfeld
<p>Bewegung in Richtung der Feldlinien → gleichmäßig beschleunigte Bew. oder ... entgegen der Richtung der Feldlinien → konstant verzögerte Bew.</p>	<p>Verläuft die Bewegung senkrecht zu den Feldlinien eines homogenen Feldes, dann bewegen sich die Ladungsträger auf einer parabelförmigen Bahn.</p>
<p>Das wird z.B. genutzt, um schnelle Elektronen (einen Elektronenstrahl) zu erzeugen.</p>	<p>Diese Ablenkung von der ursprünglichen geradlinigen Bewegung wird in Elektronenstrahlröhren zur Erzeugung von Bildern (z. B. bei Oszillografen) genutzt.</p>
<div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Geladene Teilchen werden beschleunigt oder abgebremst.</p> <p><i>(wir betrachten nur eine Bewegung genauer)</i> gleichmäßig beschleunigte <b>Elektronenbewegung</b> <i>(wie freie Fall)</i></p> </div>	<div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Geladene Teilchen werden abgelenkt.</p> <p><b>Elektronenbewegung</b> auf Parabelbahn <i>(wie waagerechter Wurf)</i></p> </div>

## Erklärung der Elektronenbahn

- konstantes E-Feld → konstante Kraft auf Q →  $F = Q \cdot E$   
 - Ladung führt eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung aus

- *Überlagerung* zweier Teilbewegungen:

1. Elektr. bewegen sich *gleichförmig* in x-Richtung.
2. Aufgrund der konstanten Kraft im horizontalen elektrischen Feld erfolgt in y-Richtung *gleichmäßige Beschl.*

(Es wirkt zwar zusätzlich auch die Gewichtskraft auf die Elektronen, diese ist jedoch um den Faktor  $10^{-14}$  (!) kleiner als die elektrische Kraft und kann daher vernachlässigt werden.)

## Bewegungsgleichung für die Elektronenbahn herleiten

**es gilt innerhalb des elektr. Feldes:**

Ladung q (Q) hat zunächst nur potentielle Energie:

$$E_{\text{Pot}} = (F \cdot h) = F_{\text{el}} \cdot d = q \cdot E \cdot d$$

Auf Weg zur negativen Kondensatorplatte →  $E_{\text{Pot}}$  nimmt ab  
 →  $E_{\text{kin}}$  nimmt zu

→ **Energieerhaltungssatz**

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}}$$

$$E_{\text{kin}} = 1/2 \cdot m \cdot v^2 = F \cdot d$$

$$1/2 \cdot m \cdot v^2 = q \cdot E \cdot d$$

$$v^2 = \frac{2 \cdot q \cdot E \cdot d}{m}$$

konstante Feldkraft wirkt → Elektron wird beschleunigt

2. Fall → Q entgegen der Feldlinienrichtung → Verzögerung  
 → Bremsbewegung mit konstanter Verzögerung  
 → v der Ladung nimmt ab

**es gilt innerhalb des elektr. Feldes:**

Gewichtskraft als beschleunigende Kraft in y-Richtung = elektrische Kraft

$$F_{\text{el}} = E \cdot q \quad E = \frac{U}{d}$$

Grundgleichungen der Mechanik:

➤ x-Richtung → gleichförmige B.

$$x = v_0 \cdot t \quad (x^2 = v^2 \cdot t^2)$$

➤ y-Richtung → beschleunigte B.

$$y = \frac{1}{2} a_y \cdot t^2$$

➤ Kraft  $F = a \cdot m \rightarrow a_y = \frac{F_{\text{elek}}}{m}$

$$\rightarrow y = \frac{1}{2} a_y \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{\text{elek}}}{m} \cdot t^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{E \cdot q}{m} \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{U}{d} \cdot \frac{q}{m} \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{U \cdot q}{d \cdot m} \cdot t^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{U \cdot q}{d \cdot m} \cdot \frac{x^2}{v_0^2} \quad \text{wenn } x=l$$

$$y = \frac{1}{2} \cdot \frac{U \cdot q}{d \cdot m} \cdot \frac{l^2}{v_0^2}$$

**wenn sich die Ladung=Elektron weiter bewegt aus dem homogenen Feld raus auf einen Leuchtschirm zu →**

→  $E_{\text{kin}}$  von Q nimmt ab →  $E_{\text{pot}}$  zu

$$F_{\text{el}} = m \cdot a$$
$$a = \frac{F_{\text{el}}}{m} = \frac{e \cdot U}{m \cdot d}$$

Strecke  $s$  (Feldgrenze+Leuchtschirm) wird zusätzlich zurückgelegt (Herleitung nicht zwingend nötig):

$$y = \frac{1}{2} \cdot \frac{U \cdot q}{d \cdot m} \cdot \frac{l^2}{v_0^2} + \frac{U \cdot q}{d \cdot m} \cdot \frac{l \cdot s}{v_0^2}$$

$$y = \frac{U \cdot q}{d \cdot m} \cdot \frac{l}{v_0^2} \left( \frac{l}{2} + s \right)$$

Es gilt:

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = F \cdot d \quad \text{mit } F = U \cdot q$$

$$v^2 = \frac{2 \cdot \frac{U \cdot q}{d} \cdot d}{m}$$

$$v^2 = \frac{2 \cdot q \cdot U}{m}$$

-  $U$  ist die hier Beschleunigungsspannung und wird deshalb  $U_B$  einsetzen

$$y = \frac{U \cdot q}{d \cdot m} \cdot \frac{l}{\frac{2 \cdot q \cdot U_B}{m}} \left( \frac{l}{2} + s \right)$$

$$y = \frac{1}{2} \cdot \frac{U}{d} \cdot \frac{l}{U_B} \cdot \left( \frac{l}{2} + s \right)$$

Ablenkung abh. von Ablenkspannung  $U$   
Beschleunigungsspannung  $U_B$  (→ Geschw. der Ladungen) und den Plattenabstand des Kondensators; ABER  
unabh. von der spez. Ladung

### Aufgabe

Eine kleine Kugel der Ladung  $q = + 10 \text{ nC}$  hat die Masse  $1 \text{ mg}$  und bewegt sich von der positiven zur negativen Platte eines Plattenkondensators. Die angelegte Spannung ist  $1000 \text{ V}$  der Plattenabstand ist  $10 \text{ cm}$ .

Mit welcher Energie und welcher Geschwindigkeit trifft sie auf die negative

<p>Platte auf? Welche Energie und welche Geschwindigkeit hat sie genau in der Mitte des Plattenkondensators?</p>	
<p><i>Ergebnisse:</i> ges: E; v (auf der Platte) E; v (Hälfte Kondensatorbreite)</p> <p><i>Q</i> → <i>gleichmäßig beschleunigte Bew.</i></p> <p><math>E = U/d = 10\,000\text{ V/m.}</math> <math>F_{el} = q \cdot E = 1 \cdot 10^{-4}\text{ N,}</math></p> <p><i>Energie bis zur negativen Platte:</i> <math>E = q \cdot E \cdot d = 1 \cdot 10^{-5}\text{ J}</math> <math>v = 4,47\text{ m/s}</math></p> <p><i>in halber „Höhe“</i> → <i>halbe kinetische Energie</i> <math>E_{kin} = 0,5 \cdot 10^{-5}\text{ J}</math> <math>v = 3,16\text{ m/s.}</math></p>	
<p>Startet q gerade mit v, die sie bei der beschleunigten Bewegung beim Plattenabstand d erreicht hat (in der Beispielaufgabe 4,47 m/s), dann erreicht sie bei der Bremsbewegung gerade ebenfalls die andere Platte wieder</p>	

### Das Wichtigste auf einen Blick

- Geladene Teilchen, die in einem elektrischen Feld ruhen, werden in Richtung der Feldlinien beschleunigt.

- Geladenen Teilchen, die sich senkrecht zu den Feldlinien eines elektrischen Feldes bewegen, werden in Richtung der Feldlinien beschleunigt. Ist das elektrische Feld homogen, so bewegen sich die Teilchen dabei auf einer Parabelbahn.
- Die **Kraft auf ein Elektron** in einem elektrischen Feld ist also nur von der *elektrischen Feldstärke* abhängig
- Diese Kraft bewirkt eine **Beschleunigung** des Elektrons
- Ist die Kraft konstant (was in einem homogenen Feld der Fall ist), ist auch die Beschleunigung konstant.
- Das Elektron erhält also **kinetische Energie**. Die Energie stammt aus dem elektrischen Feld.